doi:10.13866/j.azr.2020.01.01

中国西北干旱区城市水、大气污染排放与FDI关系研究①

赵领娣[1,2]， 冯 剑[1]， 孙凌霄[3,4]， 于 翔[3]， 赵 鹏[3,4]

(1. 中国海洋大学经济学院，山东 青岛 266100；
2. 教育部人文社会科学重点研究基地中国海洋大学海洋发展研究院，山东 青岛 266100；
3. 中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011；4. 中国科学院大学，北京 100049)

摘 要：“一带一路”倡议在中国西北干旱半干旱区的实施，是否会带来水、大气的污染转移效应引起广泛关注。匮乏的水资源、脆弱的生态环境决定了其不宜引入污染密集型的外商直接投资(FDI)。有别于以往文献从国家、省级层面或分东、中、西地区对FDI的污染转移效应进行研究，本文使用更能体现干旱半干旱区生态、经济差异的城市级数据，运用灰色关联、双重差分方法，研究“一带一路”倡议下，FDI是否对中国西北干旱半干旱区城市水、大气产生污染转移效应。结果显示，“一带一路”倡议实施以来，西北干旱区城市水、大气污染排放与FDI的关联程度下降；且半干旱区远大于干旱区的FDI增幅，并没有导致城市间显著的水、大气污染排放的差异。

关键词：城市；水污染；大气污染；外商直接投资(FDI)；污染转移效应；“一带一路”倡议；干旱半干旱区

关于环境污染排放与外商直接投资(FDI)关系的研究主要存在“污染避难所”和“技术外溢”两种假说。两种假说相互对立。“污染避难所”假说由Walter和Ugelow于1979年提出[1]，经Baumol和Oates等人逐步完善[2]。假说认为发达国家企业为了逃避本国较高的环境使用成本，实现企业利润最大化，会将污染排放较高的企业转移到低环境成本的发展中国家，而发展中国家为了吸引外资也往往会降低自身环境标准，甚至会出现环境标准“向底线竞赛”的现象，发展中国家由此沦为发达国家的“污染避难所”。部分国内外学者对此假说进行实证检验，证实了“污染避难所”的存在[3-6]。“技术外溢”假说，也称为“污染光环”假说，由Birdsall和Wheeler于1993年提出[7]，该假说认为FDI存在技术溢出效应，从而有利于东道国环境改善[8-12]。水、大气环境与人类生存密切相关，部分学者根据“污染避难所”假说针对FDI的水、大气污染转移效应在国内进行实证检验，认为FDI对水、大气污染产生的效应存在双面性、不确定性或者非线性特征[13-16]。例如郭红燕等[13]认为，虽然随着FDI存量的增加导致工业废水、废气的排放也进一步增加，但FDI存量的增加优化了东道国的经济结构等因素，使得FDI对我国环境影响的总体效应为正，我国并未成为“污染避难所”。针对水、大气污染与FDI的关系，众多学者从国家、省级层面或者分东、中、西部地区进行对比研究，并没有针对“一带一路”倡议影响下中国西北干旱半干旱区城市水、大气污染与FDI关系进行研究。为此，本文以“一带一路”倡议为背景，使用我国西北干旱半干旱区2010—2016年城市数据，运用灰色关联和双重差分模型，分析“一带一路”倡议实施前后，FDI给中国西北干旱半干旱区城市水、大气带来的环境效应，并提出合理建议。

中国西北5省(陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆)地处亚洲内陆干旱半干旱区，干旱少雨、水资源严重短缺，且由于区域工业化、城镇化迅速发展，水污染问题突出。过度采水，导致塔里木河流域下游断流、草地退化[17]；工业废水排放，导致岷江、渭河等流域水污染严重、水质下降[18-19]。与此同时，越来越严重的大气污染也是西北5省突出的环境问题[20]。西北是我国长江、黄河等主要江河的上游(起源青海南部三江源)，也是我国重要的生态环境屏障。减少水、大气的污染排放问题不仅关系到西北部的

① **收稿日期：**2019-02-03； **修订日期：**2019-08-08
基金项目：国家自然科学基金项目(71974176，71473233)资助
作者简介：赵领娣(1963-)，女，教授，研究方向为环境经济学
通讯作者：冯剑. E-mail:fengjian0686@126.com

发展,而且关系到全国的生态环境建设。自 2013 年“一带一路”倡议提出以来,政府循序渐进推进落实。研究“一带一路”倡议下中国西北地区外商直接投资(FDI)是否会带来城市水、大气污染转移,对于“一带一路”倡议在西北干旱半干旱区顺利推行具有重要的理论意义和实践价值。

1 数据与方法

1.1 研究区域

本文根据降雨量对中国干湿地区进行划分[21],以 200 mm 等降水量线作为标准区分干旱区与半干旱区城市。基于数据的可得性,研究对象为干旱区 8 个城市(嘉峪关、酒泉、克拉玛依、石嘴山、吴忠、武威、张掖、中卫),为图 1 中红色区域;半干旱区 10 个城市(白银、定西、固原、兰州、平凉、庆阳、乌鲁木齐、西宁、延安、榆林),为图 1 中橙色区域。

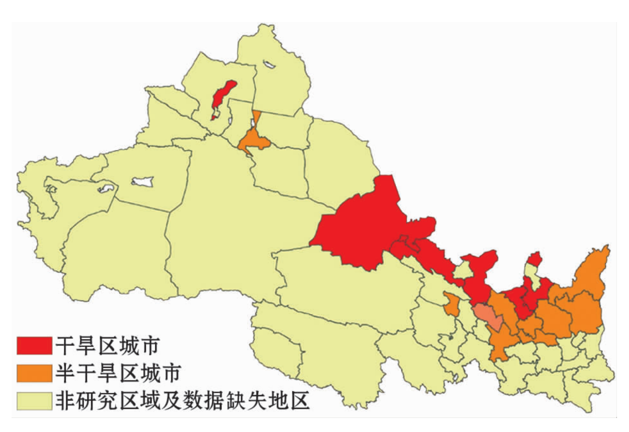


图 1 西北 5 省干旱半干旱区城市划分

Fig. 1 Division of arid and semiarid cities in Northwest China

1.2 数据来源

灰色关联度分析的相关变量为城市水、大气主要污染物排放水平与 FDI,分别以工业废水、SO_2、烟尘的排放量与当年实际使用外商直接投资额表示。双重差分方程的被解释变量为城市水、大气主要污染物的排放水平。控制变量根据以往环境污染文献〔22-25〕及数据可得性进行选取。一般认为城市经济、人口、建设规模越大,污染排放越多。本文选取城市国民生产总值反映经济规模因素对水、大气污染排放的影响;选取城市人口数量控制人口规模因素对水、大气污染排放的影响;选取城市人均道路面积反映建设规模因素对水、大气污染排放的影响。一般认为第三产业占比越高,污染排放越少;工业越发达,污染排放越多;高素质人才越多,越能推动区域产业结构由第二产业向第三产业进行转型升级。本文选取第三产业占比代指城市的经济结构;选取工业用电量代指城市工业发达程度;选取大学生在校生数代指城市人才储备水平,反映产业结构对水、大气污染排放的影响。以上影响因素皆为前人提出影响城市水、大气污染排放的变量,在本文研究背景下,为精确控制变量的选取,采用逐步回归方法对所有备选控制变量进行进一步筛选。以上数据均来自 2011—2017 年《中国城市统计年鉴》,缺失数据用插值法补齐。

1.3 灰色关联度分析

关联度是两个变量之间关联性大小的度量。若两个变量变化的趋势具有一致性,即同步变化程度较高,可谓二者关联程度较高;反之,则较低。灰色关联度分析是测量影响因素不确定、信息不完全的变量之间发展趋势的相似或相异程度的一种方法。基于水、大气污染物排放与 FDI 之间“灰因白果”的数据特征,采用灰色关联的方法测度“一带一路”倡议影响下,FDI 与西北干旱半干旱区城市水、大气污染物排放的关系,据邓聚龙[26]灰色关联度公式进行计算。

$$\gamma = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\min_i \min_j |z_{ij}-z_i| + \rho \max_i \max_j |z_{ij}-z_i|}{|z_{ij}-z_i| + \rho \max_i \max_j |z_{ij}-z_i|} \quad (1)$$

式中:γ 为关联程度;n 为数据个数;z_{ij}与 z_i 分别为标准化后的比较数列与参考数列;ρ 为分辨系数,根据经验 $\rho = 0.5$。

1.4 双重差分

双重差分方法可以剔除实验组与控制组“实验前差异”,是非常重要的评估政策效果的研究方法。其原理是基于反事实框架评估政策实施和不实施这两种情况下被观测因素的变化。在外生政策冲击下,将经济体分为实施政策的“实验组”和未实施政策的“控制组”,且验证“实验组”和“控制组”在政策冲击前没有显著差异(平行假设检验),那么就可以将“控制组”在政策实施前后被观测因素的变化看作“实验组”未受政策冲击时的状况(反事实结果)。通过比较“实验组”和“控制组”被观测因素的变化就可以得出政策冲击的实际效果。笔者采用双重差分方法进一步测算“一带一路”倡议下,FDI 增幅差异是否导致西北干旱区城市与半干旱区城市之间不同的水、大气污染转移效应。作为解释变量,西

北干旱区城市,place = 1;半干旱区城市,place = 0。“一带一路”倡议于 2013 年底提出,所以 2010—2013 年,time = 0;2014—2016 年,time = 1。采用城市水、大气的主要污染物(废水、SO_2、烟尘)排放量作为被解释变量,$X_1,\cdots,X_n$ 作为倡议之外影响污染排放的控制变量,建立双重差分模型:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \mathrm{place}_{it} \cdot \mathrm{time}_{it} + \beta_2 \mathrm{place}_{it} + \gamma \mathrm{time}_{it} + X_{1t},\cdots,X_{nt} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 干旱半干旱区城市水、大气污染排放与 FDI 灰色关联测算

首先用灰色关联的方法测算“一带一路”倡议实施前后干旱半干旱区城市水、大气污染物排放与 FDI 的关联系数(表 1)。然后,对干旱半干旱区城市水、大气污染物排放与 FDI 的灰色关联系数进行对比(表2)。由表1 可知,“一带一路”倡议实施后,西北干旱半干旱区城市的水、大气污染排放与 FDI 之间的关联程度均约由 0.91 下降至 0.89。

表 1 干旱、半干旱区城市污染物排放与 FDI 灰色关联系数

Tab. 1 Grey relational coefficients between FDI and pollutant emission in arid and semiarid cities in Northwest China

	废水	SO_2	烟尘
实施前	0.905 736	0.905 820	0.905 735
实施后	0.893 879	0.893 879	0.893 879

由表 2 可知,该倡议实施前,干旱区城市水、大气污染物排放与 FDI 的关联程度(约 0.92)大于半干旱区(约 0.87)。倡议实施后其关联程度双双下降,其中干旱区城市下降约 4.9%,半干旱区城市下降约 3.3%,干旱与半干旱区城市间水、大气污染物排放与 FDI 的关联程度差距缩小。由《城市统计年鉴》数据计算可得,倡议实施之后,干旱半干旱区城市 FDI 上升,水、大气污染物排放量减小。表明在“一带一路”倡议下,FDI 并没对干旱半干旱区城市产生污染转移效应;相反,减少了城市水、大气污染物的排放水平。

表 2 干旱、半干旱区污染物排放与 FDI 关联系数对比

Tab. 2 Compared results of correlation coefficients between FDI and pollutant emission in arid and semiarid areas

	干旱区			半干旱区		
	废水	SO_2	烟尘	废水	SO_2	烟尘
实施前	0.918 463	0.918 463	0.918 463	0.871 614	0.871 614	0.871 615
实施后	0.873 498	0.873 498	0.873 498	0.842 941	0.842 940	0.843 330

2.2 基于双重差分“一带一路”倡议的环境效应

据《中国城市统建年鉴》数据计算可得,“一带一路”倡议实施之后半干旱区 FDI 的平均增幅为 107.41%,而干旱区为 3.41%,区域之间 FDI 增幅的差异巨大。为此,笔者运用双重差分的方法,检验倡议实施前后干旱区与半干旱区城市主要水、大气污染物排放量是否出现显著差异,FDI 是否为干旱半干旱区的水、大气带来了污染转移效应。

2.2.1 *逐步回归* 首先,对备选控制变量进行逐步回归,去除不显著的备选控制变量,回归结果见表 3。

据逐步回归结果,GDP 对城市废水排放产生显著的正效应(系数大于 0,P 值小于 0.1);人口数量、工业用电量、人均道路面积对城市 SO_2 排放产生显著的正效应(系数大于 0,P 值小于 0.1),第三产业占比和大学生在校人数对城市 SO_2 排放产生显著的负效应(系数小于 0,P 值小于 0.1);城市人口数量、工业用电量、人均道路面积对城市烟尘排放效应显著为正(系数大于0,P值小于0.1),大学生在校人

表 3 逐步回归结果

Tab. 3 Results of stepwise regression

废水	回归系数	t 值	P 值	R^2	调整后 R^2
GDP	0.00	7.40	0.00	0.33	0.34
SO_2	回归系数	t 值	P 值	R^2	调整后 R^2
人口数量	274.53	5.72	0.00		
工业用电量	0.03	5.27	0.00		
第三产业占比	−629.97	−1.83	0.07		
人均道路面积	2 263.24	3.26	0.00		
大学生在校人数	−0.10	−1.83	0.07	0.45	0.42
烟尘	回归系数	t 值	P 值	R^2	调整后 R^2
人口数量	325.66	7.14	0.00		
工业用电量	0.04	6.47	0.00		
大学生在校人数	−0.22	−4.82	0.00		
人均道路面积	2 368.80	3.65	0.00	0.51	0.49

数为显著负效应(系数小于0,P 值小于0.1)。以上结果皆由实际数据计算得出。在本文中作为控制变量带入式(2)进行双重差分。

2.2.2 *准自然实验条件与平行假设检验* 双重差分方法的两个重要前提条件是,样本符合准自然实验条件和平行趋势假设。干旱区与半干旱区城市的区域划分符合准自然实验条件。平行趋势假设即检验实验组和控制组在倡议实施之前应具有平行趋势,检验结果如表4所示。由表4可得,平行假设的 t 值分别为 -1.58、0.06、-0.93,均小于经验值1.96,通过平行假设,可以进行进一步的双重差分分析。

表4 平行假设检验

Tab.4 Parallel assumption test

变量	废水/(10^8 t)	SO_2/(10^4 t)	烟尘/(10^4 t)
干旱区均值	0.25	4.30	2.40
半干旱区均值	0.23	6.10	3.30
均值差值	0.02	-1.80	-0.90
标准差	0.04	1.10	1.00
T 值	0.61	-1.58	-0.93

2.2.3 *双重差分* 对样本进行双重差分分析,差分过程采用Stata编程实现。差分结果如表5所示。

由表5可知,在"一带一路"倡议实施前后,干旱区与半干旱区城市之间废水与 SO_2 排放量均没有出现显著的差异(P 值大于0.1)。对于烟尘排放量,在倡议实施以前半干旱区城市的烟尘排放量显著高于干旱区,倡议实施后半干旱区城市的排放量依然显著高于干旱区,但双重差分的结果并不显著(P 值大于0.1)。这表明,半干旱区烟尘排放量一直显著高于干旱区,倡议实施之后的显著并不是由于"一带一路"倡议的实施而产生的。综上所述,在"一带一路"倡议实施前后,半干旱区与干旱区FDI的平均增幅差距巨大,干旱与半干旱区城市水、大气的主要污染物排放量却没有出现显著差异。即"一带一路"倡议下FDI并没有给西北干旱半干旱区的水、大气带来污染转移效应。

表5 中国西北干旱、半干旱区城市水、大气污染物排放双重差分结果

Tab.5 The diff-in-diff results of pollutant emission in arid and semiarid areas in Northwest China

废水/(10^8 t)	回归系数	标准差	|t|值	P 值
实施前				
半干旱区城市	0.14			
干旱区城市	0.15			
差分	0.01	0.08	0.33	0.97
实施后				
半干旱区城市	0.24			
干旱区城市	0.13			
差分	-0.11	0.09	1.21	0.23
双重差分	-0.10	0.11	0.95	0.35
SO_2/(10^4 t)	回归系数	标准差	|t|值	P 值
实施前				
半干旱区城市	-5.70			
干旱区城市	-3.90			
差分	1.70	1.20	1.44	0.15
实施后				
半干旱区城市	-7.40			
干旱区城市	-5.70			
差分	1.70	1.40	1.20	0.23
双重差分	-0.01	1.40	0.01	0.99
烟尘/(10^4 t)	回归系数	标准差	|t|值	P 值
实施前				
半干旱区城市	-12.00			
干旱区城市	-7.80			
差分	4.30	1.10	4.01	0.00***
实施后				
半干旱区城市	-12.00			
干旱区城市	-8.60			
差分	3.20	1.30	2.45	0.02**
双重差分	-1.10	1.30	0.84	0.40

注:***表示 $P<0.01$;**表示 $P<0.05$;*表示 $P<0.10$。

3 结论与展望

3.1 结论

(1)在"一带一路"倡议实施后,干旱半干旱区城市FDI上升,FDI与干旱半干旱区城市水、大气污染排放的总体关联程度从0.92下降到0.87。其中,干旱区城市FDI与污染排放关联程度下降约4.9%,半干旱区城市下降约3.3%。FDI主要通过规模效应、结构效应对城市环境产生影响[23]。① FDI的投入,扩大了干旱半干旱区城市的经济规模、人口规模与建设规模,规模的扩大导致污染排放增加。经济规模的扩大会显著增加干旱半干旱区废水排放,人口规模与建设规模扩大会显著增加干旱半干旱区大气污染(SO_2、烟尘)排放。② FDI的投入,影响了干旱半干旱区城市产业结构,第三产业占比增加,第二产业减少可降低城市污染排放。在"一带一路"倡议实施之前,西北5省干旱半干旱区FDI主要流向第二产业[27]。第二产业增长可显著促进干旱半干旱区城市以烟尘、SO_2 为代表的大气污染物的排放,第三产业增长可显著抑制干旱半干旱区城市以 SO_2 为代表的大气污染物的排放。人才储备

是城市产业结构由第二产业向第三产业转型升级的主要推动力,对城市大气污染物具有显著的减少作用。倡议实施之后,第三产业占比增多,产业结构升级是减少环境污染的关键因素。在“一带一路”倡议下,FDI 带来的产业结构升级对干旱半干旱区城市水、大气污染排放的抑制作用大于规模扩大所带来的促进作用,FDI 并没有对西北干旱半干旱区城市水、大气带来污染转移效应。

(2)“一带一路”倡议实施后,半干旱区城市的 FDI 比实施前平均上涨了 107.41%,而干旱区城市仅上涨了 3.41%,半干旱区城市比干旱区城市吸引了更多的 FDI,FDI 在半干旱区城市产生了一定的集聚现象。市场规模、集聚效应、技术因素是影响外资区位选择的主要因素[28-29],半干旱区较之干旱区的自然、经济、社会条件优越,是半干旱区吸引更多 FDI 的原因。然而,在 FDI 增幅差异如此巨大的情况下,倡议实施前后,干旱与半干旱区城市间水、大气污染排放的双重差分结果依然不显著,表明更多 FDI 的投入并未造成半干旱区城市比干旱区城市水、大气污染排放更为严重的状况。说明“一带一路”倡议下半干旱区城市 FDI 并没有流向污染密集型的产业,从而进一步证明“一带一路”倡议下“污染避难所”假说在我国西北干旱半干旱区城市并不成立。

综上所述,现阶段,在规模效应、结构效应等因素综合影响下,倡议实施后 FDI 的大量引进并未对干旱半干旱区城市的水、大气产生污染转移效应,西北干旱半干旱区城市并没有成为“污染避难所”。为防治西北干旱、半干旱区水与大气污染,在未来更应注意引进外资的质量,严禁污染密集型外资的引进。对于新引进的外资项目必须进行严格的清洁生产审计,其环境影响评价要按西北干旱、半干旱区环境容量进行审批。

3.2 展望

本文使用更能体现干旱半干旱区生态、经济差异的城市级数据,运用灰色关联、双重差分方法,研究“一带一路”倡议下,FDI 是否对中国西北干旱半干旱区城市水、大气产生污染转移效应。发现“一带一路”倡议下干旱半干旱区城市 FDI 并没有流向污染密集型的产业,干旱半干旱区城市没有成为“污染避难所”。本文在研究的全面性及深入性方面仍有不足。第一,部分西北干旱半干旱区城市由于数据缺失,未纳入到本文研究范围。在未来进一步的研究中会对这些城市进行实地调研,弥补数据缺失。第二,由于企业级数据缺失,本文就城市级数据对“一带一路”倡议下,干旱半干旱区城市 FDI 污染转移效应进行了研究。未来在取得企业数据前提下,研究可以使用三重差分方法对干旱半干旱区企业 FDI 的污染转移效应进行深入研究,从微观层面探究 FDI 污染转移效应及其形成原因,为指导政府引进高质量 FDI 提供更为详实的实证证据。

参考文献(References):

[1] Walter I, Ugelow J L. Environmental policies in developing countries[J]. Ambio, 1979, 8(2): 102－109.

[2] Baumol W J, Oates W E. The Theory of Environmental Policy[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1988: 138－151.

[3] Lim S, Menaldo V, Prakash A. Foreign aid, economic globalization and pollution[J]. Policy Sciences, 2015, 48(2): 181－205.

[4] Gray K R. Foreign direct investment and environmental impacts: Is the debate over? [J]. Review of European Community and International Environmental Law, 2002, 11(3): 306－313.

[5] 张宇,蒋殿春. FDI、政府监管与中国水污染——基于产业结构与技术进步分解指标的实证检验[J]. 经济学(季刊), 2014, 13(2): 491－514. [Zhang Yu, Jiang Dianchun. FDI, government regulation and the water pollution in China: An empirical test based on the decomposition of industry structure and the technology progress[J]. China Economic Quarterly, 2014, 13(2): 491－514.]

[6] 苏红岩,李京梅. “一带一路”沿线国家 FDI 空间布局与污染转移的实证研究[J]. 软科学, 2017(3): 25－39. [Su Hongyan, Li Jingmei. The empirical study on spatial organization of FDI and pollution transfer from countries along “the Belt and Road”[J]. Soft Science, 2017(3): 25－39.]

[7] Birdsall N, Wheeler D. Trade policy and industrial pollution in Latin in America: Where are the pollution havens? [J]. The Journal of Environment Development, 1993, 2(1): 137－149.

[8] Javorcik B S, Wei S J. Pollution havens and foreign direct investment: dirty secret or popular myth? [J]. Contributions in Economic Analysis & Policy, 2003, 3(2): 1－34.

[9] Tang C F, Tan B W. The impact of energy consumption, income and foreign direct investment on carbon dioxide emissions in Vietnam[J]. Energy, 2015, 79(1): 447－454.

[10] Letchumanan R, Kodama F. Reconciling the conflict between the ‘Pollution-Haven’ hypothesis and an emergingtrajectory of international technology transfer[J]. Research Policy, 2000, 29(1): 59－79.

[11] Harrison A E E, Gunnar. Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution-Haven Hypothesis[M]. The World Bank, 1997: 1－5.

[12] 盛斌,吕越. 外国直接投资对中国环境的影响——来自工业行业面板数据的实证研究[J]. 中国社会科学, 2012(5): 54－75. [Sheng Bin, Lü Yue. The impact of foreign direct investment on

China's environment: Empirical study from panel data of industrial sectors[J]. Chinese Social Sciences, 2012(5): 54－75.]

[13] 郭红燕，韩立岩. 外商直接投资、环境管制与环境污染[J]. 国际贸易问题，2008(8): 111－118. [Guo Hongyan, Han Liyan. Foreign direct investment, environmental regulation and environmental pollution[J]. Journal of International Trade, 2008(8): 111－118.]

[14] 林季红，刘莹. 内生的环境规制："污染天堂假说"在中国的再检验[J]. 中国人口、资源与环境，2013，23(1): 13－18. [Lin Jihong, Liu Ying. Endogenous environmental regulations: Retesting of pollution haven hypothesis in China[J]. China Population Resources and Environment, 2013, 23(1): 13－18.]

[15] 刘玉博，汪恒. 内生环境规制、FDI与中国城市环境质量[J]. 财经研究，2016，42(12): 119－130. [Liu Yubo, Wang Heng. Endogenous environmental regulation, FDI and environmental quality in Chinese cities[J]. Journal of Finance and Economics, 2016, 42(12): 119－130.]

[16] 包群，陈媛媛，宋立刚. 外商投资与东道国环境污染：存在倒U型曲线关系吗？[J]. 世界经济，2010(1): 3－17. [Bao Qun, Chen Yuanyuan, Song Ligang. Foreign investment and environmental pollution in host country: Is there an inverted U-shaped curve? [J]. World Economy, 2010(1): 3－17.]

[17] 邓铭江，周海鹰，徐海量，等. 塔里木河干流上中游丰枯情景下生态水调控研究[J]. 干旱区研究，2017，34(5): 4－11. [Deng Mingjiang, Zhou Haiying, Xu Hailiang, et al. Regulation of ecological water volume under high-or low-flow in the mainstream area of the Tarim River[J]. Arid Zone Research, 2017, 34(5): 4－11.]

[18] 陈金月，王石英. 岷江上游生态环境脆弱性评价[J]. 长江流域资源与环境，2017，26(3): 150－158. [Cheng Jinyue, Wang Shiying. Eco-environmental vulnerability evalution in the upper reaches of Minjiang River[J]. Resources and Environment in the Yangtze River Basin, 2017, 26(3): 150－158.]

[19] 田时中，赵鹏大. 西北六省工业污染动态综合评价及影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境，2017，31(7): 1－7. [Tian Shizhong, Zhao Pengda. Dynamic comprehensive evaluation and analysis on influencing factors of industrial pollution in six Northwest provinces[J]. Arid Area Resources and Environment, 2017, 31(7): 1－7.]

[20] 杨青琴，陶鹤，张倩，等. 经济增长与雾霾污染关系的实证分析——以中国西北地区为例[J]. 科技经济市场，2018(2): 104－105. [Yang Qingqin, Tao He, Zhang Qian, et al. An empirical analysis of the relationship between economic growth and smog pollution: A case study of Northwest China[J]. Technology Economic Market, 2018(2): 104－105.]

[21] 张存杰，廖要明，段居琦，等. 我国干湿气候区划研究进展[J]. 气候变化研究进展，2016，12(4): 261－267. [Zhang Cunjie, Liao Yaoming, Duan Juqi, et al. The progresses of dry-wet climate divisional research in China[J]. Research in Climate Change Progress, 2016, 12(4): 261－267.]

[22] 冯江茹. FDI对中国城市环境污染影响效应研究——基于分位数和GWR回归模型[J]. 生态经济，2018，24(12): 153－157. [Feng Jiangru. A research on environmental pollution's effect of foreign direct investment in Chinese city: Based on quantile regression and GWR model[J]. Ecological Economy, 2018, 34(12): 153－157.]

[23] 王敏，黄滢. 中国的环境污染与经济增长[J]. 经济学，2015，14(2): 557－578. [Wang Min, Huang Ying. China's environmental pollution and economic growth[J]. Economics, 2015, 14(2): 557－578.]

[24] 傅京燕. 产业特征、环境规制与大气污染排放的实证研究——以广东省制造业为例[J]. 中国人口、资源与环境，2009，19(2): 73－77. [Fu Jingyan. An empirical analysis on industrial characteristics, environmental regulation and air pollution: Guangdong's manufacturing industry[J]. China's Population, Resources and Environment, 2009, 19(2): 73－77.]

[25] 吕丽莉，汪明，史培军. 兰州市2000—2011年PM_{10}的变化趋势及影响因素分析[J]. 环境污染与防治，2013，35(12): 49－55. [Lü Lili, Wang Ming, Shi Peijun. The driving factors analysis of PM_{10} quality trends since 2000 to 2011 in Lanzhou[J]. Environmental Pollution and Prevention, 2013, 35(12): 49－55.]

[26] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 湖北：华中理工大学出版社，1990: 25－39. [Deng Julong. Grey System Theory Tutorial[M]. Hubei: Huazhong University of Science and Technology Press, 1990: 25－39.]

[27] 陈文新，郭凯，韩春燕. 西北地区FDI对经济增长驱动作用实证分析[J]. 商业经济研究，2015(1): 130－132. [Cheng Wenxin, Guo Kai, Han Chunyan. An empirical analysis of the driving role of FDI in Northwest China on economic growth[J]. Business Economics Research, 2015(1): 130－132.]

[28] 黄肖琦，柴敏. 新经济地理学视角下的FDI区位选择——基于中国省际面板数据的实证分析[J]. 管理世界，2006，10(1): 7－13. [Huang Xiaoqi, Chai Min. Location selection of FDI from the perspective of new economic geography: An empirical analysis based on Chinese provincial panel data[J]. World Management, 2006, 10(1): 7－13.]

[29] Cheng L K, Kwan Y K. What are the determinants of the location of foreign direct investment? The Chinese experience[J]. Journal of International Economics, 2000, 51(2): 379－400.

Relationship between Water & Air Pollutant Emission and FDI in Arid Cities in Northwest China

ZHAO Ling-di[1,2], FENG Jian[1], SUN Ling-xiao[3,4], YU Xiang[3], ZHAO Peng[3,4]

(1. *School of Economics, Ocean University of China, Qingdao* 266100, *Shandong, China*;

2. *Key Research Base of Humanities and Social Sciences of the Ministry of Education, Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao* 266100, *Shandong, China*;

3. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi* 830011, *Xinjiang, China*;

4. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: It has gained the widespread concerns from experts and scholars whether the implementation of the "Belt and Road" policy will bring pollution transfer, and the fragile ecological environment determines that pollution-intensive foreign direct investment (FDI) should be rejected in arid and semiarid areas in northwest China. Different from the previous studies which paid attention to the pollution transfer effect caused by FDI from the national and provincial level or the eastern, central and western regions of China, in this study, the gray correlation and different-in-different (DID) method were innovatively used to study whether there is a pollution transfer effect of FDI in cities in arid and semiarid areas in northwest China under implementing the "Belt and Road" policy. Moreover, the gray correlation analysis was used to compare the correlation between FDI and pollution in arid and semiarid areas before and after implementing the "Belt and Road" policy. The results revealed that the coefficient of association decreased after implementing the "Belt and Road" policy, so the FDI did not bring the pollution transfer effect on cities in arid and semiarid regions in northwest China. After implementing the policy, the FDI in the semiarid areas increased by 107.41% in average, but only by 3.41% in the arid areas. Moreover, the DID method was used to further explore whether there was a significant difference of pollutant emission between these two kinds of regions. It was found that there was no significant difference in pollutant emission between the arid and semiarid urban areas before and after implementing the policy. Therefore, we further verified that FDI did not bring about pollutant transfer effect under implementing the "Belt and Road" policy. In addition to the effect of the policy, pollutant emission from the arid and semiarid regions is also related to many other socio-economic factors. The population growth and the development of economy and transportation aggravate the urban pollutant emission; the development of tertiary industry reduces the pollutant emission; education can reduce the urban pollutant emission by improving people's awareness of green environmental protection and promoting the development of green technology. Therefore, in implementing the policy in the arid and semiarid regions in northwest China, more attention should be paid to the harmonious development of economy, society and environment in the regions where the ecologic environment is relatively fragile. For these regions, the government should promote the development of tertiary industry, increase the investment in education and promote the scientific and technological innovation so as to achieve a human-nature harmonious development. The "Belt and Road" policy has provided a good opportunity for the development in the arid and semiarid regions in northwest China. The increase of FDI has not resulted in pollution there but achieved a harmonious development of economy and environment.

Key words: city; water pollution; air pollution; FDI; pollution transfer effect of FDI; the "Belt and Road" Initiative; arid and semi-arid areas;